第47卷 第11期
2024年11月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 47 No. 11
Nov. 2024

内蒙古沿边地区生态旅游绿道选线研究
——以陈巴尔虎旗为例

林墨飞， 矫红运， 李 珍

（大连理工大学建筑与艺术学院，辽宁 大连 116024）

摘 要：为促进内蒙古沿边地区生态资源优势向经济优势的转化，以陈巴尔虎旗为研究对象，通过构建最小累积阻力（MCR）模型得出阻力面、绿道建设关键区域与潜在线路，针对其生态资源待整合、沿边景观未开发利用、开放空间缺少联系等问题，对数据进行分析和修正，确定连接关系、辐射范围及空间结构等组织形式，遴选出最优路径，最终得出陈巴尔虎旗生态旅游绿道线路规划方案。研究发现：（1）当前陈巴尔虎旗的综合成本面阻力等级呈"东南高、西北低"的格局，地势平坦、交通便利、生态资源丰富的区域更适宜建设绿道。（2）在获取最低成本路径的基础上，选择距离水系、资源点近的线路能够提升绿道吸引力和使用率，依托现有道路体系进行绿道线路建设能够降低建设难度、减少对生态系统的破坏，更符合使用者的行为习惯。（3）环状布局能够提升资源的连接度，在组织分散的生态旅游资源的同时向周围辐射，从而带动全域旅游发展。对生态旅游资源及资源线路进行梳理及分析，宏观上生成"一纵、两带、一环"的生态旅游绿道选线方案，进而提出沿边地区生态旅游绿道选线机制，为生态旅游资源的整合及绿道选线提供了现实路径。

关 键 词：内蒙古沿边地区；生态旅游；绿道选线；最小累积阻力模型；陈巴尔虎旗

文章编号：1000－6060(2024)11－1970－11(1970～1980)

党的十八大以来，生态文明建设迈向新阶段。习近平总书记在党的十九大、二十大报告中明确强调，"必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念"；"增强绿水青山就是金山银山的意识"被写进新修订的《中国共产党章程》之中。"两山"理念蕴含了生态优势向经济优势的转化论，为推动我国绿色经济发展提供了理论遵循和实践指南。因此，如何挖掘与利用生态优势、维持好经济与生态之间的平衡关系是当前亟待关注与研究的重大课题[1]。近年来，生态旅游作为"在一定自然区域中进行的，以欣赏和享受该地区历史和现存的自然风景、文化景观为目的的有责任的旅游活动"[2]，因其蕴含的生态、休闲和经济价值在我国各地得到迅速推广，并逐渐成为促进"绿水青山"转化为"金山银山"的有效手段之一。而绿道作为串联生态旅游沿线自然景观与人文景观的线型网络化开敞空间[3]，在生态旅游的项目规划中发挥着重要作用。将"绿道"与"生态旅游"耦合规划，可形成促进生态旅游资源利用及可持续发展的新型绿道体系[4]，对维持地区生态资源与经济发展的平衡发挥着不可替代作用。

绿道研究起源于1867年波士顿公园规划[5-7]，初期侧重绿色线性开放空间研究[8]，采用土地适宜性评价法[9]构建绿道，具有一定主观性；现已逐步形成绿道网络为核心的研究体系[10-11]，尤其关注以人为主体的多目标、多功能、多尺度综合型绿道研究[12-14]。目前，研究方法转向定量分析，以最小费用距离模型下的路径分析和目标导向算法为主[15]，例如采用最小成本路径（LCP）模型、核密度分析和代指标的多功能规划方法[15]，结合景观图论和复合种群理论进行理论与实践的双重研究[16]，或定量分析

收稿日期：2023-11-13； **修订日期**：2024-01-01
基金项目：国家社会科学基金项目（20BMZ155）资助
作者简介：林墨飞（1977-），男，博士，教授，主要从事城乡规划等方面的研究. E-mail: murphylinlu@dlut.edu.cn
通讯作者：李珍（1994-），女，博士研究生，主要从事城乡规划等方面的研究. E-mail: lizhen201307@163.com

环境感知和景观元素[17]等。与国外研究相比，国内绿道研究起步较晚，20世纪90年代开始萌芽，在多学科的关注下，于21世纪掀起了小热潮[18]，当前研究侧重于城市层级绿道，研究学科聚焦于景观生态，研究方向集中于规划城市区域范畴的绿地格局、维护生态安全及建设城市内部的游憩型绿道等[19]；研究方法以定量分析为主，如网络结构分析法[20]、生态过程最小阻力模型识别[21]、网络结构评价与理论模型结合[22]等；从研究地区来看，我国已有163个城市公开提出绿道发展政策[23]，集中于东南沿海城市与中部较发达的城市，关注度远高于偏远地区。总的来说，现有研究成果与研究方法多样，但仍存在一定的不足：(1) 绿道建设区域大多为城市内部，集中于研究生物保护或景观绿化等特定功能，综合性有待提升。(2) 对绿道建设条件的研究侧重于自然资源本质，较少关注绿道使用者的行为模式。(3) 已有研究以定量分析为主，通过最小累积阻力(MCR)模型构建综合成本面并判别绿道可建设区域[22]，但缺乏对资源的组织和开发合理性的定性分析[24]。因此，亟需寻求基于绿道行为主体的自然资源组织研究，而层次分析法多用于资源的长期或动态预测[25]，可追踪和精准分析绿道资源，是生态资源开发的重要评估手段，将MCR模型与层次分析法结合，进行定量与定性的综合分析，保障绿道建设科学性与开发合理性，也是探寻绿道使用者行为模式下网络架构的适宜性办法。

沿边地区指临近国界的地区，是国家重要生态安全屏障和边疆稳定屏障，其丰富的生态资源、特色的人文资源是我国的重要瑰宝，按我国行政区划层级可分为沿边省级行政区、沿边地级行政区、沿边县级行政区、沿边乡级行政区[26]。"十三五"兴边富民行动明确提出要以中部地区带动沿边地区发展，形成以边带面、从线到片的空间格局。内蒙古边境线长4221 km，沿边地级行政区面积274959 km^2，是我国向北开放的重要桥头堡，不仅有特色异国文化风貌，且拥有大量待开发生态资源[27]，而多年来由于绿道建设仅侧重于城市内部地区，忽视了对沿边地区的关注，导致该区域生态旅游绿道的认知度和普及率较低。呼伦贝尔市作为内蒙古沿边地级行政区的代表之一，沿边旅游发展稳中有进，特别是其6个沿边县级行政区之一的陈巴尔虎旗，已成为游客体验跨境山水风景游、感受民族文化的重要旅游目的地；但受地理因素及交通条件的影响，陈巴尔虎旗生态资源之间联系较弱，尚未形成以中心带动沿边的生态旅游空间格局，并未完全发挥出其生态优势，限制了其经济的发展[28]。因此，本文以陈巴尔虎旗为例，基于ArcGIS技术，通过构建生态旅游绿道选线模型，以发挥地区生态资源优势和促进区域生态旅游经济发展为目标进行生态旅游绿道选线研究，以期为生态资源丰富但有待开发的沿边地区提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

陈巴尔虎旗位于内蒙古呼伦贝尔市西北部，与俄罗斯隔额尔古纳河相望[29]，总面积17458 km^2，是典型的沿边县级行政区。地势由东北向西南逐渐降低，气候以中温带半温润和半干旱大陆性气候为主。草原面积占全旗土地总面积的71%，著名景区有巴彦塔拉草原、莫日格勒景区、白音哈达草原等，发展情况较好；而1732胡列也吐景区、186彩带河、八大关景区等处于旅游发展的初步阶段。同时，陈巴尔虎旗总人口5.05×10^{4}人，民族25个，其文化底蕴深厚，草原文明与现代文明交汇形成了独特的地域文化，曾获"第20届金旅奖最具民族(民俗)特色旅游目的地"等荣誉。陈巴尔虎旗资源的原生态、多民俗、国际性特点是发展生态旅游的有利条件，也是沿边地区中极具代表性与典型性的重要旅游资源。

1.2 数据来源

数字高程模型(DEM)数据来源于地理空间数据云平台(www.gscloud.cn/)，并利用ArcGIS提取高程及坡度数据。土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心的2020年1 km栅格数据，包括耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地6类。植被覆盖数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心的2018年度归一化植被指数(NDVI)空间分布数据。水系分布数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心的中国水系流域空间分布数据集，空间分辨率均为30 m。公路分布数据从陈巴尔虎旗综合交通规划确定的现状和规划交通路线提取。资源点分布数据根据各资源点的经纬度坐标，在ArcGIS软件中导入生成。

1.3 研究方法

本研究利用层次分析法评价生态旅游资源点，通过MCR模型模拟最低成本路径，最终选取陈巴尔

虎旗生态旅游绿道线路。(1) 分级生态旅游资源点并确定模拟路径的起点。对陈巴尔虎旗的生态旅游资源点进行梳理和评价,遴选影响力较高的资源点为起点。(2) 建立生态旅游绿道线路阻力面模型。对影响绿道选线的阻力面分级并赋阻力值,通过评价获取权重值。(3) 构建绿道建设阻力成本面。对单因子阻力面进行数据处理,获取综合阻力成本面,划定最终建设区域,作为绿道构建的依据。(4) 模拟起点到其余资源点之间的最低成本路径,生成潜在绿道线路并对其进行优化,进而确定最终绿道线路的整体架构。

1.3.1 资源点评价与选取 首先,参考《旅游资源分类、调查与评价》(GB/T 18972-2017)、《风景名胜区总体规划标准》(GB/T 50298-2018)等规范选取指标,构建生态旅游资源点评价指标体系(图1);其次,从官方网站获取景区名单,遴选生态旅游资源点并对其进行评价;最后,选取权重值较高的资源点作为模拟最低成本路径的起点。

1.3.2 阻力面构建 首先,参考已有研究[30-33]及住建部颁布的《绿道规划设计导则》提出的生态性、协调性原则等绿道建设原则,针对生态旅游绿道网络的特点选取阻力面指标因子,构建生态、游憩双重目标绿道选线阻力指标体系(图2),并对指标因子进行分级与赋值。

生态条件阻力面指标选取高程、坡度、植被覆盖度、土地利用类型、水系5项(表1)。利用自然裂

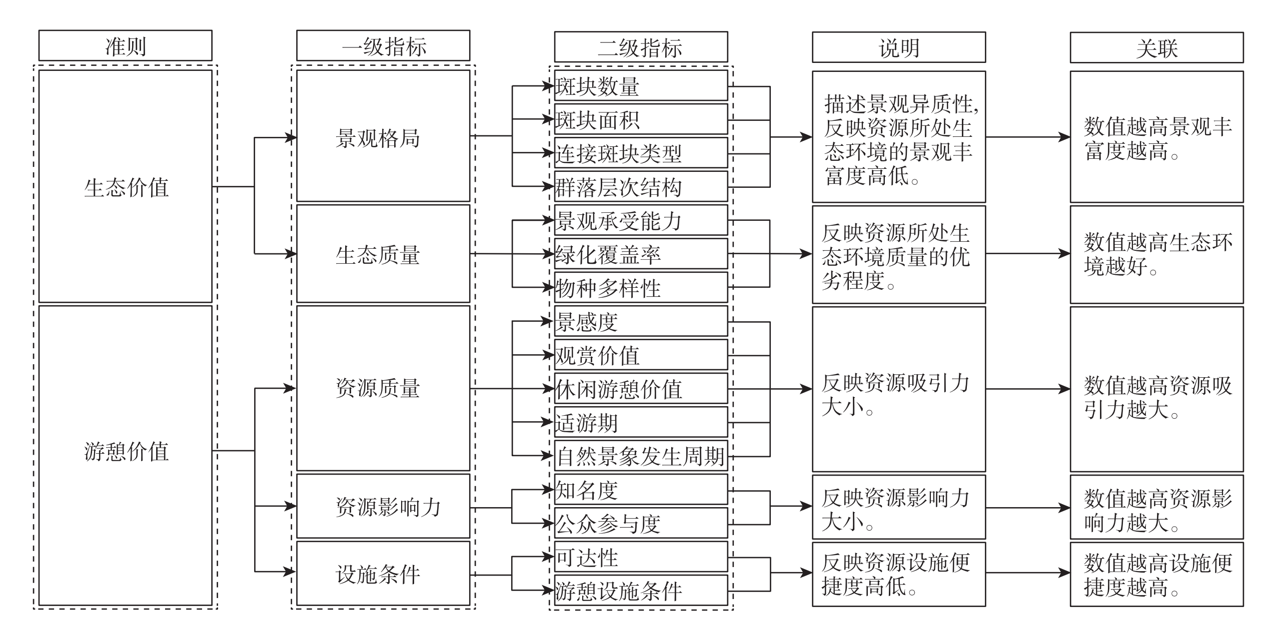


图1 生态游资源点评价指标体系

Fig. 1 Index system of ecological tourism resource point evaluation

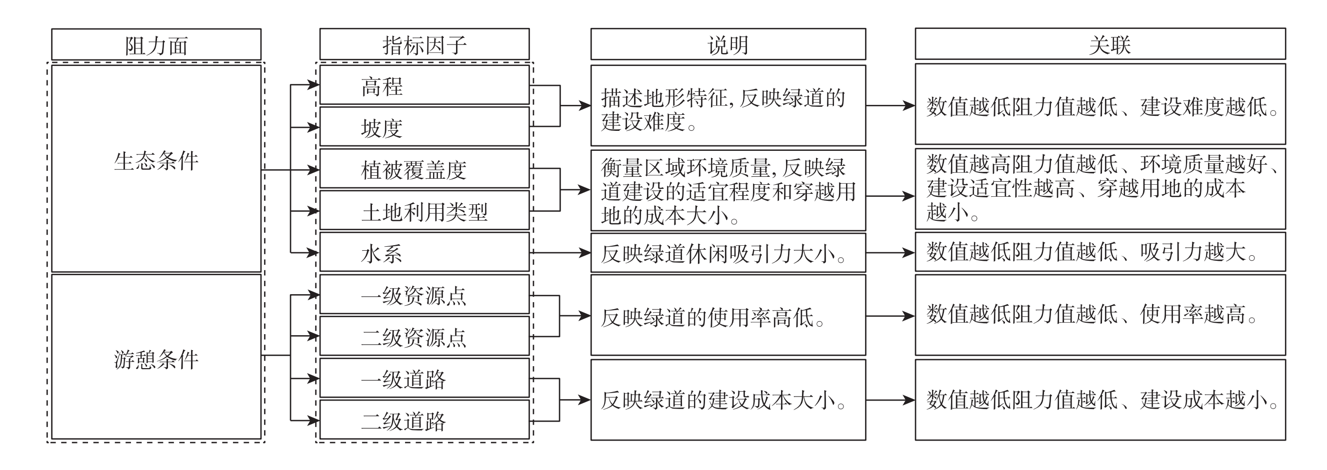


图2 双重目标绿道选线阻力指标体系

Fig. 2 Index system of resistance for greenway selection with double targets

表1 生态条件分级赋值

Tab. 1 Ecological condition classification and assignment

阻力面	指标因子	分级标准	阻力值
生态条件	高程/m	411~586	1
		586~645	3
		645~733	5
		733~833	7
		833~1117	9
	坡度/(°)	<2.5	1
		2.5~8	3
		8~15	5
		15~25	7
		>25	9
	植被覆盖度/%	<85	1
		70~85	3
		50~70	5
		25~50	7
		>25	9
	土地利用类型	草地	1
		水、林地	3
		耕地	5
		建设用地	7
		裸地	9
	水系/m	50	1
		50~100	3
		100~250	5
		250~500	7
		500	9

注：高程因子的分级标准针对陈巴尔虎旗高程数据设定，其他因子的分级标准参考已有成果设定。

点法对高程数据进行分级，海拔越低阻力值越低；参考《绿道规划设计导则》对坡度因子分级，坡度越低阻力值越低；依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)对植被覆盖度分级，植被覆盖度越高阻力值越低；提取区域土地利用类型进行分析，确定草地阻力值最低、裸地阻力值最高；根据研究区域的水系分布计算多环缓冲区，缓冲距离越小阻力值越低。

游憩条件阻力面指标选取资源点与道路2类(表2)。资源点因子分为一级资源点和二级资源点；道路因子将国道、省道划分为一级道路，将乡道、县道划分为二级道路[34]。根据资源点、道路的位置为核心计算多环缓冲区，缓冲距离越小阻力值越低。

在此基础上，参考相关文献资料，采用德尔菲法向专家发放问卷，获取单因子指标权重与综合权重，作为构建综合成本面的依据；进而，计算单因子成本面与综合成本面对绿道可建设区域进行判别。

表2 游憩条件分级赋值

Tab. 2 Recreation condition classification and assignment

阻力面	指标因子	分级标准	阻力值
游憩条件	一级资源点/m	<800	1
		800~1000	3
		1000~2100	5
		2100~3000	7
		>3000	9
	二级资源点/m	<500	1
		500~800	3
		800~1500	5
		1500~2100	7
		>2100	9
	一级道路/m	<500	1
		500~800	3
		800~1500	5
		1500~2100	7
		>2100	9
	二级道路/m	<300	1
		300~500	3
		500~1000	5
		1000~2100	7
		>2100	9

1.3.3 绿道线路提取 首先，利用MCR模型提取生态旅游资源点之间的最小耗费距离[35]，得出绿道建设的潜在线路。其计算公式如下：

$$\mathrm{MCR}=f_{\min}\sum_{j=n}^{i=m}D_{ij}R_i \quad (1)$$

式中：$f_{\min}$为运动过程与累积阻力的正相关函数；D_{ij}为源点j到目标点i的距离；R_i为目标点i所在位置的阻力值。

其次，参考现有交通网络及绿道可建设区域对潜在线路进行修正及优化，最后确定绿道选线结果。

2 结果与分析

2.1 资源点与起点确立

结合陈巴尔虎旗资源现状，从陈巴尔虎旗人民政府官方网站获取2021年陈巴尔虎旗全域旅游规划及景区名单，形成相关POI数据，遴选18个具有代表性的生态资源点，形成陈巴尔虎旗资源点空间

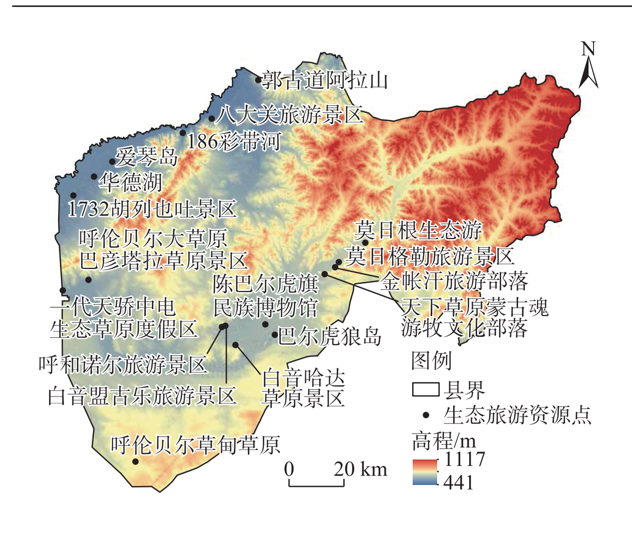


图3 资源点空间可视化分布

Fig. 3 Spatial visualization distribution of resource points

可视化分布(图3)。总体来看,资源点主要分布于西部区域;其中,中部城区呈组团状、北部滨河区域呈线状、南部资源点呈散点分布。综上,可通过中部城区的组团状资源点带动北部滨河线状资源点与南部零散资源点形成绿道线路,达到以中心城区向外部辐射的目标。

根据生态旅游资源点评价指标体系得出资源点的评价结果(表3),将权重值为10以上的资源点列为一级资源点与路径模拟的起点,共5处;其余为二级资源点,共13处。

2.2 阻力面生成

2.2.1 阻力面指标权重结果 指标因子权重值越大则与绿道选线关联度越强。权重结果(表4)显示,生态条件权重大于游憩条件,生态条件中土地利用类型权重最高,游憩条件中一级资源点的权重最高。因此,生态条件较游憩条件与绿道选线关联度更强,土地利用类型、一级资源点较其他因子与绿道选线关联度更强。

2.2.2 单因子成本面计算结果 陈巴尔虎旗单因子阻力成本面计算结果表明(图4):高程因子阻力较小区域分布于西半部高平原,东半部的中低山丘陵阻力较大;坡度因子阻力较小区域分布于西部、南部,东部和北部山体较多,阻力较大;植被覆盖度因子阻力较小区域位于东北部山区,其余区域阻力较大;土地利用类型因子阻力较大区域集中于北部边境、莫日格勒河等,其余区域阻力较小;水系阻力因子表明额尔古纳河以及其余湖泊周围阻力较小,其余区域阻力较大;距资源点距离阻力因子表明资源

表3 生态旅游资源等级评价

Tab. 3 Ecotourism resource grade evaluation

序号	名称	权重	等级
1	1732胡列也吐景区	13.6	1
2	莫日格勒旅游景区	12.8	1
3	呼伦贝尔大草原巴彦塔拉草原景区	12.7	1
4	呼和诺尔旅游景区	10.7	1
5	186彩带河	10.4	1
6	郭古道阿拉山	8.5	2
7	呼伦贝尔草甸草原	6.1	2
8	白音哈达草原景区	5.0	2
9	金帐汗旅游部落	3.9	2
10	天下草原蒙古魂游牧文化部落	2.8	2
11	一代天骄中电生态草原度假区	2.5	2
12	莫日根生态游	2.1	2
13	白音盟古乐旅游景区	2.0	2
14	八大关旅游景区	1.6	2
15	华德湖	1.6	2
16	爱琴岛	1.5	2
17	陈巴尔虎旗民族博物馆	1.0	2
18	巴尔虎狼岛	0.8	2

表4 绿道选线阻力面权重

Tab. 4 Weight of resistance surface for greenway selection

阻力面	权重	指标因子	权重
生态条件	0.6	高程	0.12
		坡度	0.20
		植被覆盖度	0.13
		土地利用类型	0.30
		水系	0.25
游憩条件	0.4	一级资源点	0.45
		二级资源点	0.25
		一级道路	0.10
		二级道路	0.20

点周围阻力较小,其余区域阻力较大;距道路距离阻力因子表明既有道路沿线阻力较低,其余区域阻力较大。

2.2.3 综合成本面计算结果 根据指标权重计算陈巴尔虎旗生态条件成本面、游憩条件成本面及绿道选线模型的综合成本面(图5),并采用自然裂点法对综合成本面进行重分类,将研究区域分为高、较高、中等、较低和低阻力5个等级。

总体来看,阻力值的分布情况为:西北部阻力值低、东南部阻力值高,丘陵阻力值低、山地阻力值高。阻力值低与较低的区域主要分布在乡道、县

(a) 高程因子　(b) 坡度因子　(c) 植被覆盖度因子

(d) 土地利用类型因子　(e) 水系因子　(f) 一级资源点因子

(g) 二级资源点因子　(h) 一级道路因子　(i) 二级道路因子

N　0　20 km

图例　县界　阻力值　1　3　5　7　9

图4　单因子阻力成本面

Fig. 4　Single-factor resistance cost surface

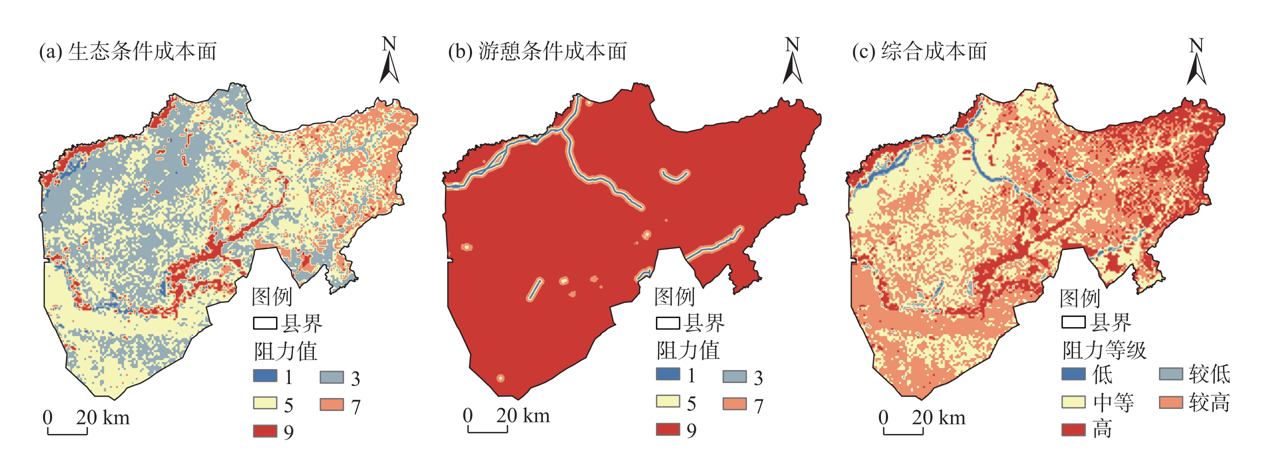


图5　综合成本面

Fig. 5　Comprehensive cost surface

道、部分资源点和水系的缓冲区周围，该区域交通条件良好、植被覆盖度较高、生态资源丰富；阻力值中等的区域主要分布在西部高平原区域和资源点的缓冲区周围，该区域地势较为平坦、有一定的植被覆盖、绿道建设难度适中、生态资源具有一定的游憩价值；阻力值较高和最高的区域主要分布在东部山地和北部边境线处，其余分散在中部裸地，该区域植被覆盖率较低、地形起伏度较大，绿道规划难度高，虽有可开发资源但难以利用。根据分析结果，结合地区现实情况和阻力值分布情况，将阻力值低、较低和中等的区域确定为陈巴尔虎旗绿道选线模型的关键区域。

2.3 绿道线路提取

2.3.1 *潜在线路生成* 将已确定的生态旅游资源点与综合成本面作为数据源，提取5个起点数据；进而模拟绿道线路，计算起点到其余资源点之间的最低成本路径，共5组，合并生成生态旅游绿道线路模拟结果(图6)。参考《绿道规划设计导则》中的经济性原则，将生态旅游绿道线路模拟结果与既有道路叠加，最终得出陈巴尔虎旗生态旅游绿道建设的潜在线路(图7)。

2.3.2 *选线修正及优化* 潜在线路提供了多种方案，参考建设关键区域及现实条件对其修正：陈巴尔虎旗的既有交通线路已连接大部分资源点，优先选择与其重合的路段作为绿道主干线；去除横跨高山、无现状或规划道路的线路和相邻资源点的重复路段或支线；根据资源点位置、重要程度等因素，将权重值较高的呼伦贝尔大草原巴彦塔拉草原景区以及位于资源点密集区的莫日格勒旅游景区、陈巴尔虎旗民族博物馆作为中心枢纽，并从资源点之间的相邻线路里人工遴选出最优路径；再从中心枢纽出发，由国道和县道分别向西部、北部、东南部向外延伸并连接市域外旅游路网，最终形成了陈巴尔虎旗生态旅游绿道线路方案(图8)。

2.3.3 *选线结果分析* 绿道线路最终呈现出“一纵、两带、一环”的格局(图9)，充分展现了陈巴尔虎旗沿边景观、民族文化和草原风貌。“一纵”：位于陈巴尔虎旗西部高平原区域，地形平坦，自边境向内部依次连接1732胡列也吐景区、呼伦贝尔大草原巴彦塔拉草原景区、一代天骄中电生态草原度假区、呼伦贝尔草甸草原4个资源点，途经河湖、低矮山地和草原等地貌景观，将陈巴尔虎旗生态资源特色浓缩

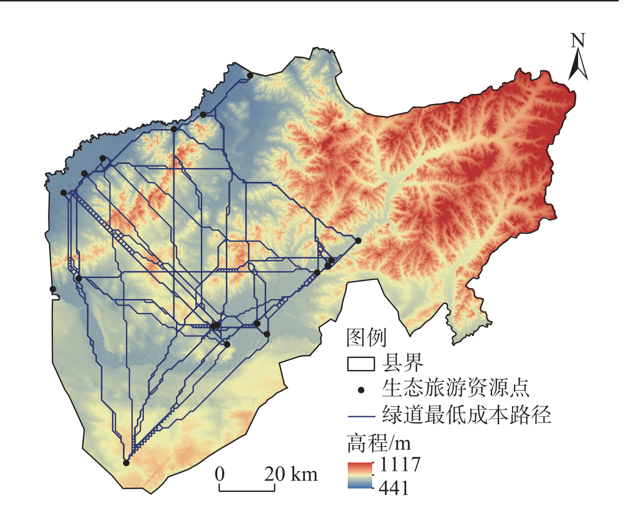


图6 生态旅游绿道线路模拟结果

Fig. 6 Ecotourism greenway route simulation results

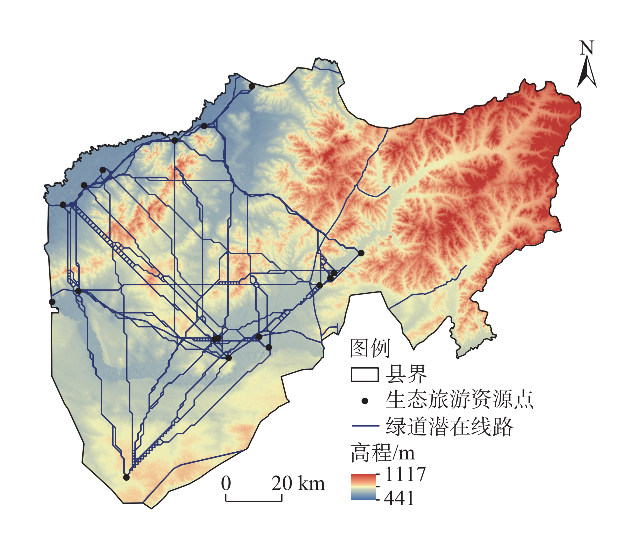


图7 生态旅游绿道建设潜在线路

Fig. 7 Potential routes for ecotourism greenway construction

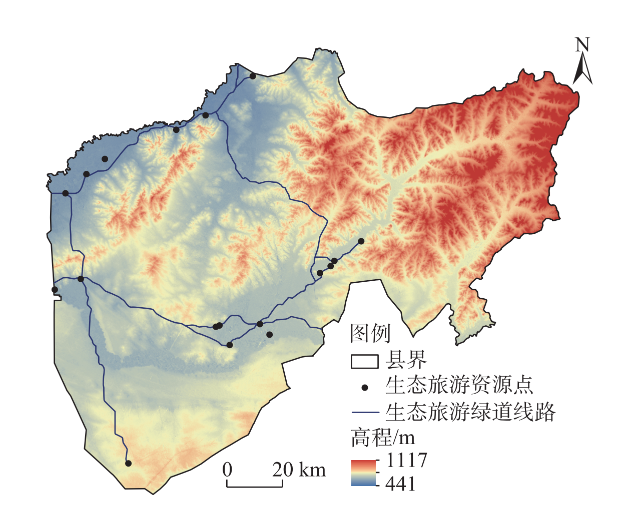


图8 生态旅游绿道线路方案

Fig. 8 Ecotourism greenway route planning

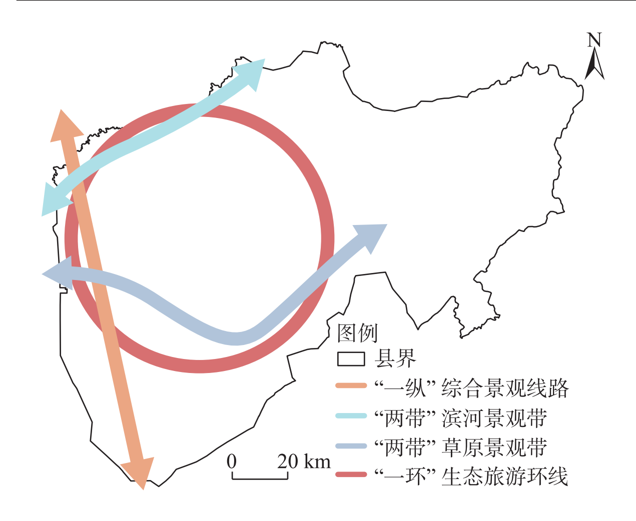


图9　生态旅游绿道格局分析

Fig. 9　Analysis of ecotourism greenway pattern

为一条综合景观线路，书写了陈巴尔虎旗的旅游名片。“两带”：分为滨河景观带与草原景观带，滨河景观带以县道为基础连接额尔古纳河沿线的1732胡列也吐景区、华德湖、爱琴岛等6个资源点，拥有丰富的边境特色景观、河湖景观和山地景观，连接县道向区域外延伸，形成了展现边境景观特色的旅游线路，将未得到有效利用的生态资源转化为经济效益；草原景观带以国道为基础，连接呼伦贝尔大草原巴彦塔拉草原景区、呼和诺尔旅游景区、白音哈达草原景区等11个资源点，多为展现少数民族文化的草原景区，形成生态与文化相结合的旅游线路，为草原旅游带来活力。“一环”：以国道、省道、县道为基础，形成以中部组团状景观为核心的、带动北部滨河线状景观、西部与南部散点状景观的生态旅游环线，串联主要生态旅游资源点的同时向周边零散旅游资源点辐射，促进绿道沿线与周边经济的共同发展。

2.3.4　选线机制生成　在构建陈巴尔虎旗生态旅游绿道线路的基础上，通过分析生态旅游与绿道线路的潜力、压力得出建设生态旅游绿道线路的综合目标，指导选线模型的构建，最终提出构建沿边综合景观轴、生态文化景观带、沿边特色景观带、全域联通景观环线的沿边地区的生态旅游绿道选线机制(图10)，使绿道选线与研究更具有可实施性与指导意义。

3　讨 论

生态旅游绿道建设能够发挥地区生态资源优势、展现特色文化、最大化整合多种资源与空间，使生态资源带动经济发展。内蒙古沿边地区是我国重要生态屏障，建设生态旅游绿道有利于统筹特色边境景观和生态景观、实现生态资源优势向生态旅游优势的转化。但现阶段生态旅游绿道研究对中西部地区的关注度较低[26]，大部分建设环节尚处于城市内部游憩绿道和简单的资源链接阶段[20]，生态旅游资源开发度较低，且与绿道空间规划融合度较低[28]。因此，本文在考虑内蒙古沿边地区陈巴尔虎旗生态条件和游憩条件、梳理生态旅游资源的基础上，定量与定性综合分析，最终提出“一纵、两带、一环”的生态旅游绿道选线方案，合理利用陈巴尔虎旗生态旅游资源、挖掘沿边景观资源，并验证生态旅游与绿道耦合规划的可行性。

但在构建陈巴尔虎旗生态旅游绿道的过程中，仍存在一些不足：(1) 针对研究内容，仅关注适游期较长的生态旅游资源点，未考虑敖包、寺庙等活动发生周期长的祭祀性场所，同时数据收集缺乏动态性。(2) 生态旅游资源点连接的依据来源于权重评价和阻力模型计算结果，具有一定合理性和科学性，但缺少对区域既有旅游产品策划的分析。(3) 绿道选线的条件侧重于区域内部的自然资源和交通基础设施，缺少对区域周边地区的景观资源和旅游发展的分析，仅在现有道路体系的基础上形成向区

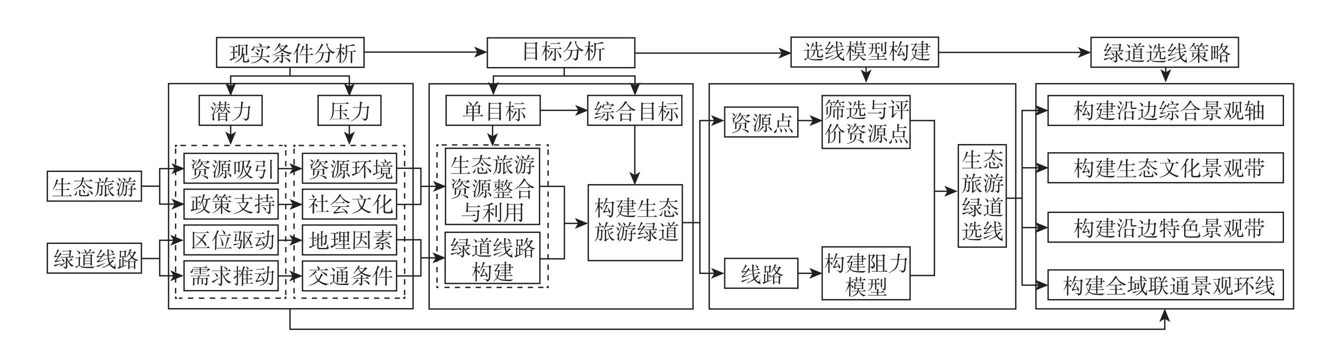


图10　沿边地区生态旅游绿道选线机制

Fig. 10　Route selection mechanism of ecotourism greenway in border area

域外延伸的绿道线路,与区域外相关地区的连通性值得进一步探讨。后续研究将持续收集陈巴尔虎旗的相关资料,进一步梳理资源点,并对其旅游策划和区域外相关地区的基础条件进行分析,提升选线成果的可靠性和精确性,为陈巴尔虎旗及其他沿边地区的生态旅游经济发展提供指引。

4 结 论

(1) 从综合成本面来看,阻力等级整体呈"西北低、东南高"格局。等级越低阻力值越小,绿道建设的适宜性越强,对绿道选线的作用也越关键。陈巴尔虎旗的西北部地势平坦、交通便利、生态资源丰富且拥有独特的沿边景观,形成开展生态旅游活动的核心区域,但与城市内部联系较弱;东南部为地形起伏度高的山地,资源开发与绿道建设难度较大。因此,绿道建设应避开高阻力区域,形成连接城市内部与周边地区的具有生态、游憩、文化功能的综合型绿道。

(2) 从绿道潜在线路来看,结果包含现有交通体系、横跨高山且无现状或规划的线路、相邻资源点的重复路段或支线,因此需要参考陈巴尔虎旗的地形地貌、资源分布、交通布局等现状基础条件对结果进行筛选与整合。在获取最低成本路径的基础上,选择距离水系、资源点近的线路能够提升绿道吸引力和使用率;依托现有道路体系建设绿道线路能降低建设难度、减少对生态系统的破坏,更符合使用者的行为习惯。

(3) 从绿道线路空间形态来看,环状布局能够提升资源的连接度、有效组织资源。由于陈巴尔虎旗资源点分布较为分散,分别聚集于北部边境线和南部草原,通过闭合环路连接资源能够提高可达性并形成绿道空间缓冲区,在组织生态旅游资源的同时向周围辐射,从而带动全域旅游发展。

参考文献(References)

[1] 陈田, 虞虎, 王甫园. 迈向可持续目标的中国生态旅游发展研究[J]. 中国生态旅游, 2021, 11(1): 78-94. [Chen Tian, Yu Hu, Wang Fuyuan. Research on ecotourism development in China: Moving towards the goal of sustainability[J]. Ecotourism, 2021, 11(1): 78-94.]

[2] 钟林生, 马向远, 曾瑜皙. 中国生态旅游研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2016, 35(6): 679-690. [Zhong Linsheng, Ma Xiangyuan, Zeng Yuxi. Progresses and prospects of ecotourism research in China[J]. Progress in Georeaphy, 2016, 35(6): 679-690.]

[3] 胡剑双, 戴菲. 中国绿道研究进展[J]. 中国园林, 2010, 26(12): 88-93. [Hu Jianshuang, Dai Fei. Progresses of greenways research in China[J]. Chinese Landscape Architecture, 2010, 26(12): 88-93.]

[4] 林墨飞, 王慧娴. 辽吉沿边地区生态旅游绿道规划研究[J]. 城市建筑, 2022, 19(15): 6-8, 29. [Lin Mofei, Wang Huixian. Study on ecotourism greenway planning in the border areas of Liaoning and Jilin Province[J]. Urbanism and Architecture, 2022, 19(15): 6-8, 29.]

[5] Little C E. Greenways for American[J]. Journal of the American Planning Association, 1991, 57(3): 387-388.

[6] Fábos J G. Greenway planning in the United States: Its origins and recent case studies[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 68(2-3): 321-342.

[7] Searns R M. The evolution of greenways as an adaptive urban landscape form[J]. Landscape and Urban Planning, 1995, 33(1-3): 65-80.

[8] Little C E. Greenways for America[M]. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1995.

[9] Ahern J. Greenways as a planning strategy[J]. Landscape and Urban Planning, 1995, 33(1): 131-155.

[10] Bischoff A. Greenways as vehicles for expression[J]. Landscape and Urban Planning, 1995, 33(94): 317-325.

[11] Yabes R, Shetter K, Schneeman J. Urban waterways: Changing historical uses and users in a southwestern desert city[J]. Landscape and Urban Planning, 1997(39): 167-185.

[12] Jang M, Kang C D. Urban greenway and compact land use development: A multilevel assessment in Seoul, South Korea[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 160-172.

[13] Hunter R F, Cleland C, Cleary A, et al. Environmental health wellbeing social and equity effects of urban green space interventions: A meta-narrative evidence synthesis[J]. Environment International, 2019, 130: 104923, doi: 10.1016/j.envint.2019.104923.

[14] Miller W, Collins M G, Steiner F R, et al. An approach for greenway suitability analysis[J]. Landscape and Urban Planning, 1998, 42(2): 91-105.

[15] Teng M J, Wu C G, Zhou Z X, et al. Multipurpose greenway planning for changing cities: A framework integrating priorities and a least-cost path model[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 103(1): 1-14.

[16] Drielsma M J, Else F, Murray E, et al. Assessing collaborative, privately managed biodiversity conservation derived from an offsets program: Lessons from the southern mallee of New South Wales, Australia[J]. Land Use Policy, 2016, 59: 59-70.

[17] Julien C, James M. Landscape typology and ecological connectivity assessment to inform greenway design[J]. Science of the Total Environment, 2019, 651(2): 3241-3252.

[18] 何昉. 中国绿道规划设计研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2018. [He Fang. Study on greenway planning and design in China[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2018.]

[19] 董晓峰, 梁颖, 侯波, 等. 基于资源环境评价系统构建的京津冀城市群绿道选线研究[J]. 城市发展研究, 2021, 28(12): 118-127, 2. [Dong Xiaofeng, Liang Ying, Hou Bo, et al. Research on greenway route selection mathod of urban agglomeration based on resource and environment assessment system: Taking Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration as an example[J]. Urban Development Studies, 2021, 28(12): 118-127, 2.]

[20] 王海珍, 张利权. 基于GIS景观格局和网络分析法的厦门本岛生态网络规划[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 144-152. [Wang Haizhen, Zhang Liquan. A GIS, landscape pattern and network analysis based planning of ecological networks for Xiamen Island [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2005, 29(1): 144-152.]

[21] 黄浦江. 城市绿道网络识别、评价与优化[D]. 武汉: 武汉大学, 2014. [Huang Pujiang. Identification, assessment and optimizationg of greenway networks in urban area[D]. Wuhan: Wuhan University, 2014.]

[22] 李海龙. 基于最小累积阻力模型的川西高原绿道游径系统线路规划方法研究——以康定市为例[J]. 城市发展研究, 2018, 25(11): 58-64. [Li Hailong. Western Sichuan Plateau greenway trails system planning method based on MCR model[J]. Urban Development Studies, 2018, 25(11): 58-64.]

[23] 刘铮, 王世福, 赵楠楠. 全球绿道运动中的中国实践: 理念思辨与理论展望[J]. 南方建筑, 2017(4): 23-29. [Liu Zheng, Wang Shifu, Zhao Nannan. The localized practice of greenway: Ideal speculation and theoretical prospect[J]. South Architecture, 2017 (4): 23-29.]

[24] 姚朋, 孙一豪, 奚秋蕙, 等. 耦合多元价值的生态风景道规划研究——以乌兰察布四横交通带风景道为例[J]. 中国园林, 2019, 35(4): 101-106. [Yao Peng, Sun Yihao, Xi Qiuhui, et al. Research on ecological scenic byways planning coupled with multiple values: Taking Ulanqab four horizontal traffic belt as an example[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 35(4): 101-106.]

[25] 丁纯璐, 马健霄, 朱宁. 基于层次分析法的城市绿道综合评价研究[J]. 森林工程, 2020, 36(2): 81-90. [Ding Chunlu, Ma Jianxiao, Zhu Ning. Research on comprehensive evaluation of urban greenway based on AHP[J]. Forest Engineering, 2020, 36(2): 81-90.]

[26] 李红, 刘伟平. 沿边地区开放平台及其经济效率时空演化分析[J]. 区域经济评论, 2023, 6: 102-110. [Li Hong, Liu Weiping. Analysis of the spatiotemporal evolution of open platforms and economic efficiency in border areas[J]. Regional Economic Review, 2023, 6: 102-110.]

[27] 汪德根, 陆林, 陈田, 等. 我国边境省区入境客源市场结构及开发战略研究——以内蒙古自治区为例[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 615-621. [Wang Degen, Lu Lin, Chen Tian, et al. Structure of the overseas tourist market and the development strategy in the frontier provinces and autonomous regions in China: A case study in Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Arid Land Geography, 2004, 27(4): 615-621.]

[28] 杨蕾. 呼伦贝尔市旅游业发展中存在的问题及对策研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015. [Yang Lei. Research on the problems and countermeasures in the development of tourism in Hulunbeier City[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2015.]

[29] 邓晓娟, 李晶, 殷守强, 等. 陈巴尔虎旗土地生态状况评价及影响因素分析[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(11): 162-172. [Deng Xiaojuan, Li Jing, Yin Shouqiang, et al. Evaluation of land ecological conditions and analysis of influencing factors in Chen Barag Banner[J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(11): 162-172.]

[30] 周盼, 吴雪飞, 陶丹凤, 等. 基于多重目标的绿道选线规划研究——以草原丝绸之路(元上都至元中都段)文化线路为例[J]. 规划师, 2014, 30(8): 121-126. [Zhou Pan, Wu Xuefei, Tao Danfeng, et al. Multi-objectives green corridor planning: The Prairie Silk Road case[J]. Planners, 2014, 30(8): 121-126.]

[31] 汪民, 贾建玲, 张俊磊. 基于适宜性评价的厦门市海沧区绿道选线规划[J]. 华中建筑, 2015, 33(10): 83-89. [Wang Min, Jia Jianling, Zhang Junlei. Greenway site selection in Haicang District of Xiamen based on suitability assessment[J]. Huazhong Architecture, 2015, 33(10): 83-89.]

[32] 李洪庆, 杨瑀, 张俊红. 雅鲁藏布江山南宽谷流域生态安全格局构建[J]. 干旱区地理, 2023, 46(9): 1503-1513. [Li Hongqing, Yang Yu, Zhang Junhong. Construction of ecological security pattern in Shannan Wide Valley Basin of Yarlung Zangbo River[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(9): 1503-1513.]

[33] 李伊彤, 荣丽华, 李文龙, 等. 生态重要性视角下东北林区县域生态安全格局研究——以呼伦贝尔市阿荣旗为例[J]. 干旱区地理, 2022, 45(5): 1615-1625. [Li Yitong, Rong Lihua, Li Wenlong, et al. Ecological security pattern at county level in northeast forest area of China from the perspective of ecological importance: A case of Arun Banner in Hulun Buir City[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(5): 1615-1625.]

[34] 张玮. 基于最小累积阻力模型的绿道选线研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2017. [Zhang Wei. Study of greenway site selection based on minimum cumulative resistance model with Wutai greenway for example[D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2017.]

[35] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning, 1992, 23 (1): 1-16.

Ecotourism greenway route selection in Inner Mongolia border area: A case of Chen Barag Banner

LIN Mofei, JIAO Hongyun, LI Zhen
(School of Architecture and Fine Art, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China)

Abstract: To facilitate the transformation of ecological resource advantages into economic benefits in the border areas of Inner Mongolia, China, this study focuses on Chen Barag Banner (County) and employs the minimum cumulative resistance model (MCR) to identify resistance surfaces, key areas, and potential routes for greenway construction. Addressing the challenges associated with integrating ecological resources, underdeveloped and unused landscapes along the border, and the lack of connectivity in open spaces, the study conducts an analysis and revision of data to determine organizational forms, such as connection relationships, radiation ranges, and spatial structures. An optimal path is then selected, leading to the development of a planning scheme for the Chen Barag Banner ecotourism greenway route. The findings reveal that: (1) The comprehensive resistance of Chen Barag Banner's cost surface is currently high in the southeast and low in the northwest. Areas characterized by flat terrain, convenient transportation, and abundant ecological resources are more suitable for greenway construction. (2) By selecting routes that are proximate to river systems and resource points while optimizing for the lowest cost path, the attractiveness and utilization rate of greenways can be enhanced. Constructing greenway lines along existing road systems reduces construction complexity, minimizes ecosystem disruption, and aligns with user behavior patterns. (3) Implementing a ring layout improves resource connectivity by organizing dispersed ecotourism resources and extending their influence to surrounding areas, thereby fostering regional tourism development. Through the systematic analysis of ecotourism resources and potential routes, the study proposes a macro-level ecotourism greenway route selection scheme described as "one vertical, two belts, and one ring." This approach establishes a mechanism for greenway route selection in border areas, offering a practical pathway for the integration of ecotourism resources and the development of greenway routes.

Key words: Inner Mongolia border area; ecotourism; greenway route selection; minimum cumulative resistance model; Chen Barag Banner